

# CORRELAÇÃO NEGATIVA DA NODULAÇÃO COM A PRODUÇÃO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*) EM SOLOS ONDE NITROGÊNIO NÃO É FATOR LIMITANTE<sup>1</sup>

GILBERTO G. PESSANHA<sup>2</sup>, AVÍLIO A. FRANCO<sup>3</sup>, JOHANNA DÖBEREINER<sup>4</sup>,  
AMÉRICO GROSZMANN<sup>5</sup> e DIRCE P. P. DE SOUZA BRITTO<sup>6</sup>

**SINOPSE.**— Foi analisado o aparecimento, em três experimentos de campo, de correlações negativas do peso de nódulos com a produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solos onde o N não foi fator limitante do desenvolvimento das plantas. Apesar do excesso de nitrogênio nestes solos, ainda parece ter havido fixação do mesmo pela simbiose, pois a nodulação aumentou a percentagem de N em alguns cultivares de feijão. O efeito negativo da nodulação na produção do feijoeiro poderia ser atribuído a um desequilíbrio fisiológico resultante da interação *Rhizobium*—feijoeiro ou a um mecanismo comum de resistência do hospedeiro (feijão) à infecção de suas raízes pelo *Rhizobium* e a patógenos. Nos experimentos analisados, parece que a nodulação está relacionada com o chochamento, sendo este último o fator limitante da produção.

Devido à importância e à complexidade do problema em questão para a cultura de feijão, foi sugerida a necessidade urgente de estudos mais detalhados do assunto.

## INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é de grande importância, já que é um dos componentes básicos da alimentação do povo brasileiro, independentemente das classes sociais que o constituem. A produção nas regiões mais quentes, entretanto, é limitada por uma série de fatores, como doenças, pragas e distúrbios fisiológicos, que parecem ter, muitas vezes, maior importância que a deficiência de nitrogênio.

Tem sido demonstrada uma maior ou menor capacidade genética da planta de formar nódulos e diferenças entre cultivares, neste sentido, já foram encontradas em soja (Döbereiner & Arruda 1967) e em feijão (Döbereiner 1965). O mecanismo, entretanto, é desconhecido.

Por outro lado, vários trabalhos têm mostrado o mecanismo químico da resistência contra doenças. Pesquisadores têm procurado estudar esse mecanismo químico da resistência que foi atribuído a compostos químicos formados por interação entre hospedeiro e patógeno, qualitativa e quantitativamente diferentes, mas não sendo específicos. Müller (1958), trabalhando com *Phaseolus vulgaris* como hospedeiro e os fungos *Sclerotinia fructicola* e *Phytophthora infestans* como patógenos, constatou a existência de um princípio (o primeiro inibindo o desenvolvimento do segundo), provocado por

substâncias químicas denominadas “phytoalexins”. Parece que a formação e acumulação de “phytoalexin” ao redor das lesões provoca um efeito antibiótico sobre os patógenos.

Pierre e Bateman (1967) encontraram, em tecidos de feijão infectados com *Rhizoctonia solani*, a produção de duas “phytoalexins” — phaseolina e substância II — que parecem contribuir para a resistência induzida do feijão à invasão progressiva do patógeno. Shaw (1963) relatou que a formação de “phytoalexin” pode desempenhar um papel de resistência das ervilhas às ferrugens e mildios e que havia maior acumulação de compostos fenólicos nas plantas resistentes do que nas suscetíveis.

Em plantas de soja, do cultivar “Harosoy”, suscetíveis à *Phytophthora megasperma*, Chamberlain e Paxton (1968) obtiveram proteção da mesma através da injeção de um “phytoalexin” produzido por 63 plantas de soja resistentes ao patógeno.

Outros compostos químicos têm sido encontrados, produtos das interações planta—patógeno, que mostram certo grau de toxicidade a diversos patógenos. De acordo com Bell (1967), a resistência de folhas de feijão lima a *Colletotrichum lindemuthianum* e *Uromyces phaseoli* v. *typica* isolados de folhas de feijão comum, era devida à formação de duas fungitoxinas (B e C) pelo feijão lima, ao passo que, no feijão comum, elas não foram encontradas. Observações feitas por Toussoun e Patrick (1963) demonstraram um aumento das podridões radiculares de *Rhizoctonia solani* v. *phaseoli* quando as raízes eram expostas, antes da infecção do patógeno, a produtos tóxicos provenientes de decomposições radiculares.

Os compostos fenólicos, segundo certos autores, parecem ter certa relação com o mecanismo químico da resistência às doenças. Biehn *et al.* (1968a) constataram a inibição de *Helminthosporium carbonum*, *Alternaria* sp, *Cercospora sojina*, *Monilinia fructicola* e *Trichoderma viride* em plantas de soja por fenóis fungistáticos produzidos por elas quando infectadas com os dois primeiros patógenos. Por outro lado, também observaram que os compostos fenólicos acumulados em plantas

<sup>1</sup> Recebido 29 set. 1970, aceito 11 mar. 1971. Financiado, em parte, pelo PL-480-CY-68; apresentado na V.ª Reunião Latino-americana de *Rhizobium*.

<sup>2</sup> Eng.º Agrônomo, M.Sc., Auxiliar de Ensino do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

<sup>3</sup> Eng.º Agrônomo do Setor de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26, e Pesquisador Assistente, bolsista, do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

<sup>4</sup> Eng.º Agrônomo do Setor de Solos do IPEACS e Pesquisador Conferencista, bolsista, do CNPq.

<sup>5</sup> Eng.º Agrônomo, M.Sc. Ph.D., Prof. Titular do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ.

<sup>6</sup> Eng.º Agrônomo do Setor de Estatística do IPEACS e Chefe de Pesquisa, bolsista, do CNPq.

resistentes de feijão comum e feijão lima diferiam daqueles de soja quando infectados com *Helminthosporium carbonum* raça 1.

Em outros trabalhos, procurou-se estudar as influências causadas nas plantas pela infecção de diversos patógenos na qualidade e quantidade de compostos químicos das plantas infectadas. Segundo Patel e Walker (1963), existem diferenças distintas entre aminoácidos livres e amidas encontrados no feijão atacado com bacteriose e no não atacado, havendo um aumento em ornitina, histidina, metionina, asparagina-glutamina, B-alanina e lisina nas folhas das plantas suscetíveis, infectadas com o patógeno, enquanto nas resistentes houve pouca diferença entre as sadias e as infectadas.

Procurou-se no presente trabalho dar alguns esclarecimentos preliminares sobre possíveis interações entre cultivares de feijão, resistência às doenças ou pragas e nodulação, em condições de campo.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos de campo, em duas localidades diferentes da Baixada Fluminense (Paracambi e Seropédica, Dept.º de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), cuja finalidade foi observar a nodulação de diversos cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

#### Época "da seca"

Instalaram-se dois experimentos em blocos ao acaso, com quatro e três repetições, 14 e 15 cultivares de feijão, respectivamente, nas localidades de Paracambi (Experimento I) e Seropédica (Experimento II). As parcelas eram constituídas de três fileiras de plantas, de 5,00 m de comprimento cada, espaçadas de 0,50 m × 0,20 m com 2 plantas/cova. Os cultivares de feijão utilizados foram:

Experimento I: Pôrto Alegre Prêto, Prêto Pequeno 139, Prêto G<sub>1</sub>, Piranema, S-185, Prêto Miúdo, Prêto 143, Prêto Pequeno 138, São Félix, Manteigão Brilhante, Santo Antônio 1305, Caeté, S-375 e Floresta;

Experimento II: Pôrto Alegre Prêto, Prêto Pequeno 139, Prêto G<sub>1</sub>, Piranema, Manteigão Brilhante, Santo Antônio 1305, Cova 168 N, Rico 23, Prêto 192, Prêto 158, Prêto 157, Prêto Grande Brilhante, Prêto Patos Minas, México 10 e Sacavém 149.

Os solos utilizados foram, respectivamente do tipo aluviado argilo-arenoso no Exp. I e areno-argiloso (série Ecologia) no Exp. II, ambos com topografia plana. As análises químicas feitas dos dois solos apresentaram os seguintes resultados:

	Exp. I	Exp. II
nitrogênio (%)	0,28	0,11;
fósforo (ppm)	1,0	91,5;
potássio (ppm)	152,0	112,0;
cálcio + magnésio (me. %)	6,1	5,60;
alumínio (me. %)	0,2	0,05;
pH	5,2	5,8.

As adubações realizadas nos dois experimentos foram as seguintes: 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado sob a forma de superfosfato simples e 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio. Como fonte de N foi usada a inoculação das sementes com uma mistura de estirpes de *Rhizobium phaseoli*: F-33; F-55; F-162a e F-413. Tanto as adubações como a inoculação das sementes foram feitas antes dos plantios.

Os plantios foram realizados nos dias 20 de março e 9 de abril, e as colheitas, a 22 de junho e 10 e 17 de julho de 1968, respectivamente, no Exp. I e Exp. II.

Foram coletadas plantas para a contagem e pesagem dos nódulos durante o período da floração dos cultivares nos dois ensaios, sendo retiradas 2 plantas/cova de cada extremidade das fileiras, dando um total de 12 plantas/parcela de cada cultivar. Essas plantas foram retiradas do solo com o máximo de seu sistema radicular e com o devido cuidado para não cortar com a enxada as raízes laterais.

#### Época "das águas"

Foi instalado um terceiro experimento em Seropédica (Exp. III) em esquema experimental "Split-plot" com três repetições e os seguintes tratamentos: seis cultivares de feijão; quatro estirpes de *Rhizobium phaseoli*; parcela com adubação nitrogenada e testemunha. As parcelas eram constituídas pelos cultivares de feijão e as subparcelas, pelos diversos inoculantes. As subparcelas tinham três fileiras de plantas de 4,00 m de comprimento, espaçadas de 0,40 m × 0,20 m com 2 plantas/cova.

Os cultivares de feijão usados foram R-27; Cova 168 N; Rico 23; Prêto 143; Pôrto Alegre Prêto e Prêto Miúdo; os inoculantes, as estirpes de *Rhizobium phaseoli* F-300; F-310; F-413; F-4000; na parcela nitrogenada aplicaram-se 40 kg de N/ha. A aplicação do N foi feita por cobertura na forma de salitre do Chile, 15 dias após a emergência das plantas.

Após selecionarmos os cultivares de feijão utilizados, procuramos levar em consideração o comportamento no campo quanto ao ataque de doenças, principalmente de ferrugem, através de observações feitas anteriormente. Assim, foram selecionados: dois cultivares mais ou menos resistentes (R-27 e Cova 168 N); dois cultivares de reação intermediária (Rico 23 e Prêto 143) e dois cultivares suscetíveis (Pôrto Alegre Prêto e Prêto Miúdo).

O plantio foi realizado no dia 23 de setembro e a colheita no dia 2 de dezembro de 1969.

As adubações fosfatada e potássica foram feitas antes do plantio, nos sulcos previamente abertos, na base de 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado sob a forma de superfosfato simples e 50 kg/ha de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio.

A retirada das plantas, para a contagem e pesagem dos nódulos, foi feita na época de floração. Foram colhidas 2 plantas/cova de cada extremidade da fileira central das subparcelas, dando um total de 4 plantas/subparcelas ou 24 plantas/parcela de cada cultivar.

Foram feitas observações visuais no campo quanto ao ataque de doenças na parte aérea dos cultivares de feijão, principalmente ferrugem, isariopse e bacteriose.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos Quadros 1 e 2 são apresentados os resultados dos Exp. I e II. Verificou-se que as análises de variância do número e peso de nódulos mostraram diferenças entre cultivares quanto à nodulação no Exp. II. Fato semelhante foi verificado por Döbereiner e Costa (1964). No Exp. I não foram encontradas diferenças significativas quanto ao número e peso de nódulos. Verificou-se ainda que ocorreram diferenças significativas quanto à percentagem de vagens chôchas nos Exp. I e II e quanto à produção no Exp. II entre os diversos cultivares. Provavelmente a composição genotípica diferente de cada

cultivar foi a principal responsável pela manifestação de uma maior ou menor percentagem de vagens chôchas no Exp. I, onde as condições do meio ambiente foram mais favoráveis para a cultura. No Exp. II, além deste fator,

houve talvez uma maior influência de fatores externos (solo, clima, temperatura, etc.) que, atuando em conjunto, reduziram a produção, apresentando diferenças significativas entre os diversos cultivares.

QUADRO 1. Caracteres analisados do Experimento I (média de 4 repetições)

Cultivares	N.º nódulos/planta	Peso nódulos/planta (mg)	Peso seco planta (g)	Vagens chôchas (%)	Produção (kg/ha)
Floresta	7	47	7,28	3,8t	1426
S-185	6	39	11,78	4,3f	1683
Prêto 143	5	37	11,25	8,6cde	1685
Caeté	5	40	7,99	11,9abcd	1535
Prêto Pequeno 139	5	29	5,98	6,1ef	1446
Prêto Pequeno 138	4	65	9,05	6,4ef	1403
Fôrto Alegre Prêto	4	69	8,78	14,2ab	1433
Manteigão Brilhante	4	21	8,10	13,7abc	1603
Prêto G <sub>1</sub>	3	34	8,50	14,5a	1483
Piranema	3	20	5,55	11,3abcd	1413
S-375	3	13	8,51	8,5de	1472
Prêto Miúdo	3	23	7,38	10,2abcde	1443
Santo Antônio 1305	2	17	8,23	11,9abcd	1612
São Felix	2	17	8,02	9,0bcde	1687
Fontes de variação G.L.	F	F	F	F	F
Repetições 3	2,67	4,39*	8,71**	2,53	4,30*
Cultivares 13	—	—	1,29	5,04**	—
Erro 30					
C.V. (%)	37,0	65,0	35,6	18,7	13,6

QUADRO 2. Caracteres analisados do Experimento II (média de 3 repetições)

Cultivares	N.º nódulos/planta	Peso nódulos/planta (mg)	Vagens chôchas (%)	Produção (kg/ha)
Prêto 157	59	1113ab	18,8cdef	300bcde
Prêto Grande Brilhante	57	942abc	11,2efg	586a
Prêto Alegre Prêto	56	1146a	26,5bc	345bcde
Prêto Patos Minas	45	1157a	17,4cdef	203ed
Cuva 168 N	44	1034ab	20,8cde	288cde
Prêto 192	44	1196a	6,1fg	458abc
Sacavém 149	43	903abc	8,8fg	408ab
Santo Antônio 1305	40	858abc	19,7cae	420abcd
Piranema	38	548bcd	26,6bc	338bcde
Prêto 158	37	1167a	13,1defg	500ab
Rico 23	34	684abcd	23,0bcd	330bcde
Manteigão Brilhante	31	514cd	23,5bc	199ed
Prêto G <sub>1</sub>	29	363d	35,1ab	215ed
México 10	29	844abcd	43,8a	337bcde
Prêto Pequeno 139	23	441cd	21,0cde	191e
Fontes de variação G.L.	F	F	F	F
Repetições 2	0,34**	7,73**	—	4,59*
Cultivares 14	1,69	2,22*	5,96**	2,53*
Erro 28				
C.V. (%)	17,4	21,0	19,8	39,3

Nota: N.º e peso nódulos/planta foram analisados com valores transformados em  $\sqrt{n+1}$  e % de vagens chôchas em arc. sen.  $\sqrt{\%}$ .

QUADRO 3. Caracteres analisados do Experimento III (média de 3 repetições)

Cultivares	N.º nódulos (planta)	Peso nódulos (mg/planta)	Peso seco planta (g)	% N na planta	N total planta (g)	Vagens chóchas (%)	Produção (kg/ha)
R-27	35	102	10,7	2,70	1,14	22,3	1440b
Prêto Miúdo E.E.P.	20	82	9,1	2,99	1,08	13,4	980c
Cuva 168 N	19	81	9,7	3,05	1,18	11,0	1339c
Prêto 143	17	44	11,6	2,85	1,30	8,5	2195a
Rico 23	15	39	12,6	2,92	1,43	10,7	1694a
Pôrto Alegre Prêto	14	43	9,5	2,93	1,11	11,4	1423b
Estirpe F-4000	24	83	11,7	2,90	1,33	13,3	1479
Estirpe F-300	20	72	10,3	2,97	1,20	12,8	1480
Testemunha	20	62	11,2	2,95	1,30	11,5	1648
Estirpe F-413	19	65	10,4	2,88	1,17	14,0	1606
Estirpe F-310	19	59	8,9	2,83	0,99	13,6	1487
Adub. nitrogenada	18	49	10,7	2,91	1,22	12,1	1380
Fontes variação	G.L.	F	F	F	F	F	F
Repetições	2	7,57**	6,48**	5,20*	3,04	4,25*	3,92
Cultivares	5	1,74	1,28	1,35	1,02	1,28	2,92
Erro (a)	10						6,67**
Inoculantes	5	—	1,98	1,33	—	1,63	—
Inoc. x Cultivares	25	—	1,13	1,13	—	1,07	—
Erro (b)	60						1,39
C.V. (%)	(a)	52,3	62,6	19,4	7,1	17,1	38,2
	(b)	54,4	54,1	32,8	13,8	32,5	36,3

No Quadro 3 são apresentados os resultados do Exp. III. Verificou-se não ter havido diferenças significativas quanto ao número e peso de nódulos, peso, percentagem de N e N total nas plantas entre os diversos cultivares e inoculantes, nem interação entre cultivares X inoculantes. Notaram-se apenas diferenças entre os diversos cultivares quanto à produção. O fator responsável por estes resultados parece ter sido a heterogeneidade do solo, pois foram encontradas diferenças altamente significativas para repetições.

Calculadas as correlações entre os diversos pares de caracteres dos cultivares e tratamentos dos três experimentos, observou-se que nos Ep. II e III o fator limitante da produção foi o chochamento das vagens. Encontraram-se coeficientes de correlação negativos e altamente significativos,  $r = -0,451^{**}$  e  $r = -0,833^{**}$ , entre a percentagem de vagens chóchas e a produção, para os Exp. II e III, respectivamente. No Exp. I o valor encontrado não é significativo e está próximo a zero (Quadros 5 e 7). Parece ainda que a mesma causa do chochamento das vagens, seja genética ou fisiológica, foi também favorável a uma maior nodulação dos cultivares. Tal fato pode ser observado pelas maiores médias de número e peso dos nódulos e percentagem de vagens chóchas ocorridas nos Exp. II e III, em contraste com a do Exp. I, e pelas correlações altamente significativas e positivas entre n.º e peso de nódulos e percentagem de vagens chóchas que foram encontradas no Exp. III, como foi vista nos Quadros 1, 2 e 3.

As causas responsáveis pela ocorrência da correlação entre nodulação e chochamento, limitando a produção de feijão, poderiam ser explicadas por várias hipóteses. Entre elas aparecem: as condições do meio ambiente (Ecologia); a interação genética ou fisiológica na simbiose *Rhizobium*-feijão e, finalmente, o mecanismo comum de resistência do hospedeiro à infecção do *Rhizobium* e ao ataque de pragas e doenças.

Considerando a influência do meio ambiente, verificaram-se correlações positivas, na maioria significativas, entre a nodulação e a percentagem de vagens chóchas no Exp. III, enquanto nos outros dois ensaios estas mesmas correlações, na maioria, foram significativas mas ne-

gativas (Quadros 5 e 7). No Exp. III (Quadro 3), onde ocorreu o problema da heterogeneidade do solo, verificou-se, de uma maneira geral, que tanto os cultivares de feijão como os inoculantes utilizados apresentaram correlações positivas entre a nodulação e percentagem de vagens chóchas, sendo que nos inoculantes estas correlações foram mais acentuadas (Quadro 7). Este problema da heterogeneidade do solo influenciando a relação nodulação - chochamento das vagens foi observada ao se correlacionarem os dois caracteres em cada repetição separadamente, quando apareceram valores significativos e positivos somente na 3.ª repetição,  $r = 0,695^{**}$  e  $r = 0,486^{**}$ , respectivamente, para n.º e peso de nódulos e percentagem de vagens chóchas (Quadro 6).

QUADRO 4. Leitura da ocorrência de ferrugem, isariopse e bacteriose (médias de 2 leituras em 18 parcelas)<sup>a</sup>

Cultivares	Ferrugem	Isariopse	Bacteriose
R-27	1	1	1
Cuva 168 N	1	2	2
Rico 23	2	1-2	1-2
Prêto 143	1	1	1-2
Pôrto Alegre Prêto	2	1-2	2
Prêto Miúdo E.E.P.	3	3	2

<sup>a</sup>0 = sem ataque; 1 = ataque fraco; 2 = ataque médio; 3 = ataque forte.

QUADRO 5. Coeficientes de correlação (r) entre pares de caracteres nos Experimentos I e II

Caracteres	Localidades	
	Paracambi	Seropédica
N.º nódulos x peso planta	0,148	—
N.º nódulos x % vagens chóchas	-0,410**	-0,300*
N.º nódulos x produção	0,201	-0,007
Peso nódulos x peso planta	0,307*	—
Peso nódulos x % vagens chóchas	-0,140	-0,301*
Peso nódulos x produção	0,275*	0,094
Peso planta x % vagens chóchas	-0,050	—
Peso planta x produção	0,448**	—
% vagens chóchas x produção	0,018	-0,451**
G.L.	54	43

QUADRO 6. Coeficientes de correlação (r) entre pares de caracteres em cada repetição do Experimento III

Caracteres	1.ª repet.	2.ª repet.	3.ª repet.
N.º nódulos x % vagens chôchas	-0,134	0,096	0,685**
N.º nódulos x produção	0,166	-0,069	-0,531**
Peso nódulos x % vagens chôchas	-0,037	-0,030	0,486**
Peso nódulos x N total da planta	-0,126	-0,037	-0,425**
Peso nódulos x produção	0,067	-0,102	-0,664**
Peso nódulos x % N da planta	-0,243	0,083	0,198
% N da planta x % vagens chôchas	-0,354*	0,158	-0,054
G.L.	34	34	34

No Exp. III, quando o N não foi fator limitante do desenvolvimento das plantas, mas o chochamento das vagens o foi, encontraram-se correlações negativas entre n.º e peso de nódulos e a produção, respectivamente,  $r = -0,349^{**}$  e  $r = -0,450^{**}$ . No Exp. I, onde o N e o chochamento não limitaram a produção, ocorreram correlações positivas entre o n.º e peso de nódulos e a produção, respectivamente,  $r = 0,201$  e  $r = 0,275^*$ . No Exp. III, alguns cultivares mostraram-se mais influenciados do que outros, pois apresentaram correlações significativas e negativas entre n.º e peso de nódulos e a produção, tais como "R 27", "Cuva 168 N", "Rico 23", "Pôrto Alegre Prêto", enquanto nos demais estas correlações não foram significativas. Assim, observou-se um comportamento diferente de cada cultivar, devido talvez aos genótipos diferentes interagindo com os fatores do meio ambiente. Apesar de não ter sido objeto de observações, uma outra possibilidade da influência local seria a ocorrência de insetos do gênero *Sitonia* que atacam simultaneamente os nódulos e as folhas de feijoeiro (Nutman 1970).

Uma outra explicação para o fato de a maior ou menor nodulação dos cultivares de feijão estimular um maior ou menor chochamento das vagens seria o mecanismo de defesa do hospedeiro (planta) contra a infecção pelo *Rhizobium phaseoli*, produzindo substâncias que afetam a fisiologia da planta. Alguns autores, entre eles Müller (1958) e Cruickshank (1963), têm procurado estudar o mecanismo das interações entre diferentes patógenos — plantas de feijão, encontrando a formação de certos compostos químicos, qualitativa e quantitativamente diferentes, que estão intimamente ligados à resistência oferecida pelo hospedeiro. Assim, pode ser que na interação *Rhizobium phaseoli* — feijoeiro ocorra um princípio pelo qual o *Rhizobium* é inibidor do desenvolvimento do hospedeiro (feijão), podendo ser o maior chochamento das vagens uma consequência desta interação. Isto pareceu ter ocorrido no Exp. III (onde o N não foi fator limitante para o desenvolvimento), em que a nodulação dos cultivares mostrou correlação negativa com o peso da planta,  $r = -0,312^{**}$  e  $r = -0,388^{**}$ , e com o N total da planta,  $r = -0,369^{**}$ . Além do chochamento, a diminuição da produção poderia ser consequência de distúrbios fisiológicos que afetaram o desenvolvimento das plantas. A favor disso observou-se uma correlação positiva mas não significativa entre n.º e peso de nódulos e a percentagem de N na planta, a qual em alguns cultivares, tais como "Prêto 143", "Rico 23" e "Pôrto Alegre Prêto", foi significativa. Entretanto, essa maior percentagem de N nos cultivares de feijão influenciou negativamente a produção, de acordo com o valor altamente significativo encontrado para o coeficiente de correlação entre esses dois caracteres ( $r = -0,260^{**}$ ).

Por outro lado, observou-se uma correlação altamente significativa e negativa entre o peso da planta e a

percentagem de N ( $r = -0,268^{**}$ ). Os cultivares que mostraram maior influência foram "Cuva 168 N" ( $r = -0,466$ ) e "Rico 23" ( $r = -0,513^*$ ), enquanto, entre os inoculantes, foram a parcela nitrogenada ( $r = -0,428$ ) e a testemunha ( $r = -0,555^*$ ), embora todos os cultivares e inoculantes usados tenham apresentado valores negativos mas não significativos. De acordo com esses dados, os cultivares que tinham maior nodulação e maior percentagem de N na planta apresentavam um menor desenvolvimento vegetativo, menor N total nas plantas e menores produções. Tal fato foi confirmado através das correlações significativas e negativas entre a nodulação e o peso das plantas, o N total das plantas e a produção, enquanto tanto o peso como o N total nas plantas apresentaram correlações significativas e positivas com a produção. Quanto aos inoculantes, todas as correlações entre n.º e peso de nódulos e a produção foram negativas, e quando não significativas, apresentaram no geral valores (r) altos (Quadro 7). Entretanto, a parcela nitrogenada apresentou valores (r) bem próximos a zero. Este tratamento apresentou menor peso de nódulos que os demais (Quadro 3), indicando que a menor nodulação, nas condições do experimento, não chegou a influenciar negativamente a produção. A nodulação afetando negativamente a produção de grão poderia ainda ser atribuída ao fato de o *Rhizobium* ter retirado carboidratos das plantas para a formação dos nódulos, provocando assim um certo desequilíbrio na relação C/N da planta, que é indispensável à formação de grãos.

Para melhor estudar a influência direta ou indireta da nodulação, da percentagem de N das plantas e da percentagem de vagens chôchas na produção do feijoeiro fizeram-se algumas correlações múltiplas com três pares de caracteres na 3.ª repetição do Exp. III. A escolha desta repetição deveu-se ao fato de ter a mesma apresentado maior n.º de correlações simples significativas.

Assim, observou-se que nas correlações de n.º e peso de nódulos com a percentagem de vagens chôchas, tendo sido fixado o peso de nódulos e ao mesmo tempo, correlacionado o n.º de nódulos com a percentagem de vagens chôchas, obteve-se um valor altamente significativo e positivo para o coeficiente de correlação ( $r_{xy,1} = 0,589^{**}$ ), enquanto, ao ser fixado o n.º de nódulos e correlacionados os outros dois caracteres, não se obteve significância (Quadro 8). Pelo exposto acima, pôde-se observar que o chochamento está mais ligado à infecção das raízes do feijoeiro pelo *Rhizobium* do que propriamente ao seu desenvolvimento na formação dos nódulos. Por outro lado, verificou-se que tanto o peso de nódulos como a percentagem de vagens chôchas se mostraram bastante prejudiciais à produção do feijoeiro, porém, observou-se que não houve correlação do chochamento com a produção, tendo sido fixado o peso de nódulos.

Na outra regressão múltipla, na qual se fixou o n.º de nódulos e se correlacionou o peso de nódulos com a produção, obteve-se uma influência negativa e significativa do peso de nódulos sobre a produção ( $r = 17,2 = -0,453^{**}$ ). Essa maior influência constatada do peso de nódulos sobre a produção, e não do chochamento, como era de se esperar visto que este caráter, quando correlacionado com a produção no conjunto das três repetições do Exp. III, mostrou uma influência altamente significativa e negativa na produção ( $r = -0,833^{**}$ ), foi devida ao fato de tanto o peso de nódulos como o chochamento terem sido dependentes um do outro (Quadro 7). Isto porque, quando correlacionados separa-

QUADRO 7. Coeficientes de correlação (r) entre pares de caracteres dos cultivares e inoculantes no Experimento III

Caracteres	Cultivares						Inoculantes						Total
	R-27	Curva 188 N	Préio 143	Rico 23	Préio Médio	Póio Alegre	F-300	F-310	F-413	F-4000	Test. N	Test.	
N.º nódulos x peso de nódulos	0,928**	0,895**	0,930**	0,933**	0,839**	0,950**	0,843**	0,843**	0,911**	0,906**	0,950**	0,932**	0,897**
N.º nódulos x peso da planta	-0,338	-0,422	-0,223	-0,566**	-0,276	-0,449	-0,455	0,037	-0,868	-0,329	-0,264	-0,449	-0,312**
N.º nódulos x % de N da planta	-0,795**	0,029	0,591**	0,499*	0,285	0,570*	-0,137	0,234	-0,337	-0,330	0,251	0,344	0,031
N.º nódulos x N total da planta	-0,306	-0,408*	-0,114	-0,433	-0,214	-0,287	-0,520*	0,133	-0,453*	-0,290	-0,361	-0,371	-0,306**
N.º nódulos x % vagens chéochas	0,140	0,069	-0,221	0,056	0,297	0,481*	0,485	0,350	0,372	0,327	0,327	0,241	0,344**
N.º nódulos x produção	-0,676**	-0,400	-0,340	-0,551*	-0,480	-0,130	-0,522*	-0,253	-0,271	-0,564*	-0,082	-0,522*	-0,319**
Peso nódulos x peso da planta	-0,296	-0,081	-0,182	-0,538*	-0,476*	-0,442	-0,511*	-0,298	-0,457	-0,353	-0,320	-0,591**	-0,338**
Peso nódulos x % N da planta	-0,294	0,088	0,636**	0,496*	0,414	0,554*	-0,189	0,362	-0,583*	0,293	0,341	0,354	0,086
Peso nódulos x N total da planta	-0,390	-0,552*	-0,051	-0,790**	-0,389	-0,273	-0,590**	-0,153	-0,538*	-0,310	-0,295	-0,543*	-0,369**
Peso nódulos x % vagens chéochas	-0,055	-0,063	-0,121	-0,045	0,438	0,450	-0,422	0,352	0,324	0,172	0,224	0,212	0,276**
Peso nódulos x produção	-0,580*	-0,486*	-0,402	-0,308*	-0,282	-0,509*	-0,702**	-0,427	-0,413	-0,599**	-0,005	-0,565*	-0,450**
Peso planta x % N da planta	-0,059	-0,466	-0,331	-0,513*	-0,218	-0,185	-0,174	-0,101	-0,236	-0,399	-0,428	-0,555*	-0,268**
Peso planta x N total da planta	0,873**	0,834**	0,965**	0,963**	0,977**	0,926**	0,848**	0,927**	0,922**	0,975**	0,980**	0,948**	0,941**
Peso planta x % vagens chéochas	-0,334	-0,202	-0,201	0,005	-0,401	-0,485*	-0,358	-0,115	-0,213	-0,421	0,227	-0,303	-0,222**
Peso planta x produção	0,346	0,789**	0,271	0,438	0,507*	0,231	0,462	0,196	0,555*	0,454	0,177	0,669**	0,436**
% N da planta x N total da planta	0,428	-0,140	-0,052	-0,297	-0,019	0,198	0,369	0,218	0,108	-0,208	-0,353	-0,273	0,053
% N da planta x % vagens chéochas	-0,035	0,029	-0,048	-0,175	-0,124	0,258	-0,501*	0,058	-0,296	0,228	-0,131	0,104	-0,125
% N da planta x produção	-0,023	-0,306	-0,366	-0,438	-0,463	-0,451	-0,015	-0,465	-0,231	-0,298	-0,307	-0,609**	-0,280**
N total da planta x % vagens chéochas	-0,329	-0,207	-0,209	-0,069	-0,398	-0,417	-0,558*	-0,079	-0,338	-0,396	0,188	-0,311	-0,274**
N total da planta x produção	0,298	0,769**	0,155	0,351	0,480	0,073	0,408	0,049	0,590**	0,398	0,146	0,551*	0,301**
% de vagens chéochas x produção	-0,252	-0,408	-0,318	-0,016	-0,631**	-0,764**	-0,390	-0,497*	-0,250	-0,563*	-0,407	-0,319	-0,833**
G. L.	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	106

QUADRO 8. Correlações múltiplas entre três pares de caracteres na 3.ª repetição do Experimento III

Correlações	Coeficientes		Equações
	Parciais	Totais	
Pêso de nódulos x n.º de nódulos x produção* (1) (2) (y)	r <sub>12</sub> = 0,802** r <sub>1y</sub> = -0,672** r <sub>2y</sub> = -0,559**	r <sub>1y,2</sub> = -0,453** r <sub>2y,1</sub> = -0,045	y = 2123,78 - 1,85 X <sub>1</sub> + 0,07 X <sub>2</sub>
Pêso de nódulos x n.º de nódulos x % vagens chôchas (1) (2) (y)	r <sub>12</sub> = 0,802** r <sub>1y</sub> = 0,475** r <sub>2y</sub> = 0,690**	r <sub>1y,2</sub> = -0,181 r <sub>2y,1</sub> = 0,589**	y = 0,65 - 0,008 X <sub>1</sub> + 0,09 X <sub>2</sub>
Pêso de nódulos x % vagens chôchas x produção (1) (2) (y)	r <sub>12</sub> = 0,475** r <sub>1y</sub> = -0,672** r <sub>2y</sub> = -0,507**	r <sub>1y,2</sub> = -0,560** r <sub>2y,1</sub> = -0,289	y = 2317,03 - 1,52 X <sub>1</sub> - 18,93 X <sub>2</sub>
% de N x % vagens chôchas x produção (1) (2) (y)	r <sub>12</sub> = -0,054 r <sub>1y</sub> = -0,310 r <sub>2y</sub> = -0,507**	r <sub>1y,2</sub> = -0,392* r <sub>2y,1</sub> = -0,552**	y = 3800,91 - 575,85 X <sub>1</sub> - 40,79 X <sub>2</sub>

Nota: \* Exemplificando a 1.ª correlação múltipla: r<sub>1y,2</sub> = correlação do pêso de nódulos x produção, fixando o número de nódulos; r<sub>2y,1</sub> = correlação de número de nódulos x produção, fixando o pêso de nódulos.

damente, o pêso de nódulos com a percentagem de vagens chôchas nas regressões múltiplas analisadas "pêso de nódulos x n.º de nódulos x % de vagens chôchas" e "pêso de nódulos x % de vagens chôchas x produção", apresentaram um coeficiente de correlação parcial significativo e positivo que foi igual nas 2 regressões: r = 0,475\*\*. Assim, pareceu que, além da infecção das raízes pelo *Rhizobium* (n.º de nódulos), o posterior desenvolvimento na formação de nódulos (pêso de nódulos) estimulou ou provocou no hospedeiro um maior chochamento nas vagens. Entretanto, o pêso de nódulos, quando fixado o n.º de nódulos, teve o seu efeito sobre a percentagem de vagens chôchas inibido, por ser o mesmo consequência do maior n.º de nódulos na planta, de acordo com o coeficiente de correlação parcial encontrado para ambos: r = 0,802\*\* (Quadro 8).

Com a regressão múltipla entre % de N na planta x % de vagens chôchas x produção, observou-se que tanto a % de N como o chochamento influenciaram negativamente a produção de feijão, porém, não houve influência da % de N na planta sobre a % de vagens chôchas quando se fixou a produção. Os valores dos coeficientes de correlação encontrados foram: r<sub>1y,2</sub> = -0,392\*\*% de N e produção com a % de vagens chôchas fixa e r<sub>2y,1</sub> = -0,552\*\* quando a % de N é fixa e a % de vagens chôchas é correlacionada com a produção (Quadro 8).

Observou-se, assim, que êstes três caracteres — pêso de nódulos, percentagem de N na planta e percentagem de vagens chôchas, que se mostraram prejudiciais para a produção do feijoeiro, estavam intimamente correlacionados, tendo sido tanto a percentagem de N da planta, como a percentagem de vagens chôchas, dependentes da nodulação (n.º e pêso de nódulos). Tal fato foi observado pelas correlações altamente significativas e positivas: r = 0,344\*\* e r = 0,275\*\*, respectivamente n.º e pêso de nódulos com o chochamento, enquanto com a % de N na planta não foi significativa (Quadro 7).

Ainda no Quadro 7 observou-se que o cultivar "R 27", de sementes grandes e vermelhas, com porte arbustivo e crescimento determinado, apresentou um comportamento diferente em relação aos demais cultivares (todos de sementes pequenas e pretas, com crescimento indeterminado) na maioria dos caracteres correlacionados. Notou-se que o cultivar "R 27" apresentou uma maior nodulação (n.º e pêso nódulos) apesar de não ter havido diferenças entre os cultivares pela análise de variância. Porém, a correlação da nodulação (n.º

e pêso) com a percentagem de N na planta foi negativa em ambos e contrária às demais. Pareceu que a simbiose entre as várias estirpes usadas com êsse cultivar não mostrou fixação de N atmosférico e influenciou negativamente o teor de N existente na planta. Ocorreu um amarelecimento geral pronunciado das plantas dêste cultivar em todos os tratamentos e em tôdas as repetições. Essa coloração amarelo-esverdeada poderia ser uma característica genética diferente dos demais. A percentagem de N, no cultivar "R 27", ao ser correlacionada com o pêso da planta e a produção, apresentou valores não significativos e bem próximos a zero (r = -0,059 e r = -0,023), enquanto os demais apresentaram valores (r) altos. Pareceu que êsse cultivar aproveitou melhor o N absorvido do solo para o seu desenvolvimento vegetativo e mais tarde para a produção, do que os demais.

Finalmente, observou-se que os cultivares mais atacados por doenças no campo (ferrugem, isariopse e bacteriose) foram os que apresentaram maior percentagem de vagens chôchas (Quadros 3 e 4). Os cultivares "Pôrto Alegre Prêto" e "Prêto Miúdo", que se apresentavam mais atacados por doenças no Exp. III (Quadro 4), apesar de não terem maior nodulação, tiveram maior percentagem de chochamento das vagens, tendo dado a correlação dêstes caracteres valores positivos e bem próximos do valor tabelado, respectivamente: r = 0,481; r = 0,450; e r = 0,297; r = 0,438. Nos outros cultivares, que foram menos atacados por doenças, os valores encontrados foram não significativos e bem próximos a zero e, em alguns casos, negativos (Quadro 7).

De acordo com o que foi discutido acima, pareceu existir uma certa possibilidade de que as plantas mais suscetíveis ao ataque de doenças no campo foram as que apresentaram maior nodulação e maior percentagem de vagens chôchas. Aparentemente, ou se tratou de um mecanismo comum de resistência à infecção pelo *Rhizobium* ou patógeno, ou após a infecção pelo *Rhizobium* ocorreu formação de determinadas substâncias que favoreceram a infecção de patógenos causadores de doenças e que vieram acarretar, como consequência, maior chochamento das vagens. Alguns autores procuraram estudar o mecanismo existente entre patógeno e hospedeiro e assim é que Patel e Walker (1963) encontraram diferenças e maior aumento do teor de certos aminoácidos livres e amidas em plantas de feijão suscetíveis após infectadas de "crestamento bacteriano com halo", enquanto nas resistentes havia pouca diferença. Scharen (1969) também encontrou uma reação do

hospedeiro que pôde reduzir temporariamente a população de *Xanthomonas phaseoli*, tendo sido esta reação maior nas plantas resistentes do que nas tolerantes e suscetíveis. Outros autores, como Schroth e Snyder (1961), Toussoun e Patrick (1963) e Biehn *et al.* (1968a), relataram a presença de certos compostos químicos, como açúcares, aminoácidos, fenóis, etc., provenientes das interações entre patógenos e plantas de feijão, que favoreceram ou prejudicaram o desenvolvimento de certos patógenos causadores de enfermidades das raízes e da parte aérea. Parece possível que a maior ou menor nodulação nos cultivares de feijão, nas condições de campo, ocasionou um certo distúrbio fisiológico pela formação de substâncias que estimularam o ataque de doenças e posterior chochamento das vagens.

Acredita-se que maiores detalhes sobre a possibilidade de ocorrência de tais fatos poderiam ser futuramente obtidos através de trabalhos mais específicos e controlados. A cultura de feijão é bastante atacada por um número elevado de doenças (principalmente) e pragas, que constituem, segundo Vieira (1963), o principal fator responsável pelo baixo rendimento brasileiro de feijão.

#### REFERÊNCIAS

- Bell, A.A. 1967. Formation of fungitoxins in wound sap of *Phaseolus lunatus*. *Phytopathology* 57(10):1111-1115.
- Biehn, W.L., Kuc, J. & Williams, E.B. 1968a. Accumulation of phenols in resistant plant - fungi interactions. *Phytopathology* 58(9):1255-1260.
- Biehn, W.L., Kuc, J. & Williams, E.B. 1968b. Fungitoxicity of phenols accumulating in *Glycine max* - fungi interaction. *Phytopathology* 58(9):1261-1264.
- Chamberlain, D.W. & Paxton, J.D. 1968. Protection of soybean plants by phytoalexin. *Phytopathology* 58(10):1349-1350.
- Cruickshank, I.A.M. 1963. Phytoalexins. *Annu. Rev. Phytopathology* 1:351-374.
- Döbereiner, J. & Costa, W.F. 1964. (Dados não publicados)
- Döbereiner, J. 1965. Fixação do nitrogênio atmosférico em solos tropicais. Revisão de trabalhos realizados no Brasil. I Congr. lat.-amer. Biol. Solo, Bahía Blanca, Argentina. 30 p.
- Döbereiner, J. & Arruda, N.B. 1967. Interrelações entre variedade e nutrição na nodulação e simbiose da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Pesq. agropec. bras.* 2:475-487.
- Müller, K.O. 1958. Studies on phytoalexins. I. The formation and the immunological significance of phytoalexin produced by *Phaseolus vulgaris* in response to infections with *Sclerotinia fruticola* and *Phytophthora infestans*. *Aust. J. biol. Sci.* 11(3): 275-280.
- Nutman, P.S. 1970. Comunicação pessoal.
- Patel, P.N. & Walker, J.C. 1963. Changes in free amino acid and amide content of resistant and susceptible beans after infection with halo blight organism. *Phytopathology* 53(5): 522-528.
- Pierre, R.E. & Bateman, D.F. 1967. Induction and distribution of phytoalexins in *Rhizoctonia*-infected bean hypocotyls. *Phytopathology* 57(11):1154-1158.
- Scharen, A.L. 1959. Comparative population trends of *Xanthomonas phaseoli* in susceptible, field tolerant and resistant hosts. *Phytopathology* 49(7):425-428.
- Schroth, M.N. & Snyder, W.C. 1961. Effect of host exudates on chlamydsopore germination of the bean root rot fungus, *Fusarium solani* f. *phaseoli*. *Phytopathology* 51(6):389-393.
- Shaw, M. 1963. The physiology and host-parasite relations of the rusts. *Annu. Rev. Phytopathology* 1:259-294.
- Toussoun, T.A. & Patrick, Z.A. 1963. Effect of phytotoxic substances from decomposing plant residues on root rot of beans. *Phytopathology* 53(3):265-270.
- Vieira, C. 1963. Problemas agronômicos do feijoeiro. *Ceres, Minas Gerais*, 23(6,7):46-47.

ABSTRACT.- Pessanha, G.G., Franco, A.A., Döbereiner, J., Groszmann, A. & Britto, D.P.P. de S. 1972. *Negative correlation of nodulation and grain production of beans (Phaseolus vulgaris) in soils where nitrogen is not limiting factor of plant growth.* *Pesq. agropec. bras., Sér. Agron.*, 7:49-56. (Inst. Pesq. Agropec. Centro-Sul, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil)

The significance, in three field experiments, of negative correlations between nodule weight and grain production of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) was analyzed. Although nitrogen in these soils was not limiting to plant growth, there was some nitrogen fixation, as nodule weight in some of the cultivars was positively correlated with percent plant nitrogen content. The negative effect of nodulation on bean production was attributed to physiological disorders resulting from the *Rhizobium* - host association or to a common mechanism of resistance to *Rhizobium* root infection and to certain pathogens related with empty pods the number of which was correlated with bean production.

Due to the complexity and importance of the problem for bean production further studies are urgently needed.